

## ＜研究紹介・自己紹介＞

研究項目 A01 公募研究

「磁気誘電効果を用いた単一媒質メタマテリアル素子の探索」

研究代表者 安 東秀 (東北大学)

私は、主に走査プローブ顕微鏡 (SPM) を用いた表面計測の研究に取り組んできました。研究歴は、先ず早稲田大学理工学部物理学及び応用物理学専攻にて表面科学分野の研究室で学んで以来、主に SPM を用いた計測に関する研究に取り組んできました。最初に、走査トンネル顕微鏡 (STM) を用いて表面原子の原子分解能観察に関する研究を行い、試料にはシリコンの結晶を用いて、この表面上に金属膜の超構造を作成して原子構造を観察しました。当時は表面の原子構造を観察するだけでも大変な状況でした。

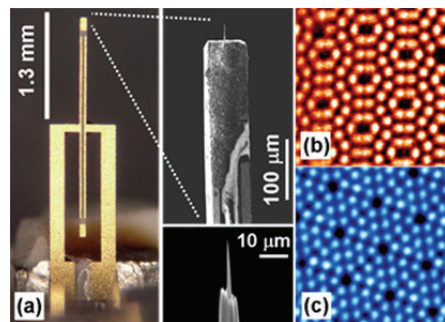


図. 1, (a) 水晶振動子-AFM (長辺振動型) シリコン(111)-7x7 表面構造の原子分解能 AFM 像、室温 (b), 極低温 (3.6 K) (c)

その後、豊田工業大学、デンマークのオーフス大学にて研究を行なった際には、プローブ顕微鏡の計測技術が徐々に高性能化され、観察する試料も半導体だけではなく金属上に一酸化炭素等の分子を吸着した触媒表面に変えて触媒反応を原子分解能でその場観察する等、表面物理から表面化学に近い研究を行いました。続いて、東京大学物性研究所では極低温下で動作する水晶振動子を力センサーに用いた原子間力顕微鏡 (AFM) を開発し、極低温環境下で表面原子を原子分解能観察するといったように極限環境、最高分解能を目指した装置開発に関わった研究を行いました (図 1)。

このように、SPM を用いた研究は表面や界面が研究対象に含まれる様々な分野に応用することが可能で、表面研究の立場からは表面科学と

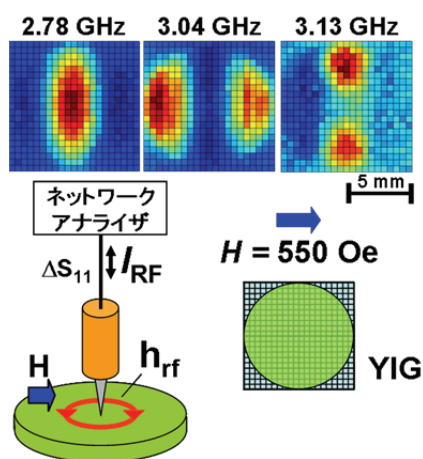


図 2, 走査磁気共鳴顕微鏡の原理図、及び、ガーネット (YIG) 試料より観測されたスピン波の二次元分布像



呼ばれます。また、SPM は原子分解能を有するためナノテクノロジー分野と深く関わっており、ナノスケールで発現する新現象の計測に有用です。

SPM を用いた原子分解能計測が進歩した状況において、次に興味もたれる一つの分野は、信号強度が小さく制御が難しい電子やスピンのナノスケール計測です。このような興味で、続いて磁気共鳴現象を応用した磁化や電子スピンを検出するプローブ顕微鏡の開発を着想し走査磁気共鳴顕微鏡の開発を始めました (図 2)。磁化やスピンの運動はマイクロ波により励起することができることより信号検出にマイクロ波の入出力回路を用います。このことがきっかけで技術的にはマイクロ波を扱うようになり、その後、東北大学金属材料研究所にてスピンやスピン流と呼ばれる角運動量の流れの生成、検出、制御に関する研究を行なう研究室に所属しています。マイクロ波はスピンの集団励起であるスピン波を励起するための重要な励起源となっています。現在、スピンのダイナミクスをマイクロ波を用いて捉える計測手法の開発、スピン波の励起現象とこれを用いた新奇な熱輸送現象の観測等、マイクロ波を用いたスピン励起とその検出に興味をもって研究を進めています。

以上の研究経歴にて、本領域のメタマテリアル研究の分野にも自身の研究が応用できるのではないかと考えています。具体的な研究テーマとして、

- (1) スピンドイナミクスを応用した新奇なメタマテリアル媒質の探索
- (2) メタマテリアルを応用した (高解像度) イメージング

の二つの研究に着目しています。

スピンドイナミクスを応用した新奇なメタマテリアル媒質の探索では、磁気誘電効果 (ME 効果) による単一媒質メタマテリアルの発現を目指しています。通常、磁性体を用いた場合磁気共鳴を用いて負の透磁率を実現可能ですが、同時に負の誘電率は実現されません。メタマテリアルではこの電場効果を生成するために、人工的にリング状の共振器を作成して負の誘電率を同時に生成しています。私は物質中の磁場と電場の相互作用である ME 効果に着目し、磁性体中に ME 効果を発現させることで人工的な構造の必要のないメタマテリアルの作成、つまり、単一媒質メタマテリアルの実現を狙って研究を行いたいと考えています。試料には、イットリウム鉄ガーネット (YIG) に着目しています。近年、YIG において ME 効果が発現するとの研究報告例があり、また、YIG では簡便に磁化のダイナミクスである磁気共鳴を励起 (スピン波励起) することができます。これらを組み合わせてメタマテリアルとしての特性を発現させたいと考

---



えています。

メタマテリアルを応用した（高解像度）イメージングでは新奇なマイクロ波の顕微鏡を作成したいと考えています。これまでの研究歴で SPM の開発を行って来ましたがマイクロ波用いた SPM は必ずしも一般的ではありません。そこで、先ずマイクロ波をイメージングできる SPM を制作し、メタマテリアルの試料をイメージングすることに取り組みたいと思います。さらには、理論的に予測されているメタマテリアル効果を用いた超解像イメージングにとり組み新奇な走査プローブ顕微鏡を作成したいと考えています。